

**PENGARUH ISOLASI PATI TERHADAP SIFAT MEKANIK
BIOPLASTIK DARI BONGGOL PISANG KEPOK KUNING (*Musa
balbisiana L.*)**



Disusun sebagai salah satu syarat menyelesaikan Program Studi Strata I

Program Studi Teknik Kimia Fakultas Teknik

Oleh:

SUHAIMI ROSSANUL FIKRI

D 500 130 079

PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA

2018

HALAMAN PERSETUJUAN

**PENGARUH ISOLASI PATI TERHADAP SIFAT MEKANIK
BIOPLASTIK DARI BONGGOL PISANG KEPOK KUNING (*Musa
balbisiana* L.)**

PUBLIKASI ILMIAH

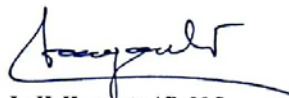
Oleh:

SUHAIMI ROSSANUL FIKRI

D 500 130 079

Telah diperiksa dan disetujui untuk diuji oleh:

Dosen Pembimbing



Ir. H. Haryanto AR, M.S.

NIDN.0005076302

HALAMAN PENGESAHAN

**PENGARUH ISOLASI PATI TERHADAP SIFAT MEKANIK
BIOPLASTIK DARI BONGGOL PISANG KEPOK KUNING (*Musa
balbisiana L.*)**

OLEH

SUHAIMI ROSSANUL FIKRI

D 500 130 079

Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji

Fakultas Teknik Kimia

Universitas Muhammadiyah Surakarta

Pada hari Rabu, 14 Juni 2017

dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Dewan Penguji:

1. Ir. H. Haryanto AR, M.S.
(Ketua Dewan Penguji)
2. Ir. Herry Purnama, M.T., Ph.D.
(Anggota I Dewan Penguji)
3. Emi Erawati, S.T., M.Eng.
(Anggota II Dewan Penguji)

(Handwritten signatures of the three members of the Examining Board)

Dekan,



(Handwritten signature of the Dean)

M. Herry Sunaryono, M.T., Ph.D.

N.K. 682

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam publikasi ilmiah ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila kelak terbukti ada ketidakbenaran dalam pernyataan saya di atas, maka akan saya pertanggungjawabkan sepenuhnya.

Surakarta, 10 April 2018

Penulis



SUHAIMI ROSSANUL FIKRI
D500130079

PENGARUH ISOLASI PATI TERHADAP SIFAT MEKANIK BIOPLASTIK DARI BONGGOL PISANG KEPOK KUNING (*Musa balbisiana L*)

Abstrak

Banyaknya permasalahan lingkungan yang ditimbulkan plastik konvensional menjadikan suatu terobosan diciptakannya bioplastik. Bioplastik yakni suatu polimer plastik yang bersumber dari alam. Salah satu sumber bioplastik berupa selulosa yang berasal dari tumbuhan. Selulosa merupakan komponen yang mendominasi karbohidrat, mencapai 50%. Bonggol pisang kepok kuning mengandung karbohidrat sebanyak 12%. Untuk mengetahui pengaruh dari sifat mekanik bioplastik hasil bahan ini, dilakukan isolasi dengan metode Waliszewski secara kimia yakni dengan penambahan natrium metabisulfit sebanyak 0,2% (gram/liter) air. Penambahan senyawa natrium tersebut diperlukan untuk menonaktifkan enzim *browning*. Enzim *browning* dapat menjadi kendala tidak optimalnya hasil isolasi pati. Variasi yang dikenakan dengan penambahan air (100; 150; 200; 250; dan 300)ml terhadap 50 gram bahan pada suhu pengovenan (60; 70; 80; 90 dan 100)°C. Penentuan hasil isolasi pati dianalisis dengan metode hidrolisis pati. Kadar pati yang optimum yakni 42,86%(sebagai sampel A) dan 36,29% (sebagai sampel B) untuk pembuatan bioplastik, yang selanjutnya divariasikan terhadap komposisi pati (5; 6; 7; 8; dan 9)gram, asam asetat (1; 2; 3; 4; dan 5)ml, gliserol (2; 3; 4; 5; dan 6)ml dan kitosan (1; 1,5; 2; 2,5; dan 3)gram. Hasil sifat mekanik bioplastik menyatakan pengaruh kadar pati yang tinggi dan penambahan gliserol hasilnya lebih besar, yakni 2,03 MPa ; 21 % (kuat tarik; elongasi), dibandingkan variabel kompetitornya.

Kata Kunci: bioplastik, elongasi, isolasi pati, kuat tarik, pisang kepok.

Abstract

There are environmental problems caused by conventional plastics which lead a breakthrough in the creation of bioplastics. Bioplastic is a plastic polymer that comes from nature. One source of bioplastic form of cellulose derived from plants. Cellulose is a component that dominates carbohydrates, reaching 50%. The yellow mask banana hump contains 12% carbohydrates. To determine the effect of the mechanical properties of bioplastic result of this material, the isolated with the method of Waliszewski chemically by adding 0.2% sodium metabisulfite (gram / liter) of water. The addition of the sodium compound is necessary to disable the enzymatic browning. The browning enzyme can be least optimal constraint of starch insulation. Variations imposed by adding water (100; 150; 200; 250; and 300) ml to 50 grams of material at the temperature of the crystal (60; 70; 80; 90 and 100) ° C. Determination of starch isolation result was analyzed by starch hydrolysis method. The optimum starch content is 42.86% (as sample A) and 36.29% (as sample B) for the manufacture of bioplastics, subsequently varied to starch composition (5, 6, 7, 8, and 9) grams, acetic acid (1, 2, 3, 4, and 5) ml, glycerol (2, 3, 4, 5, and 6) ml and chitosan (1, 1.5, 2, 2.5, and

3) grams. The results of bioplastic mechanical properties express the effect of high starch content and the addition of glycerol to a larger yield, ie 2.03 MPa; 21% (tensile strength, elongation), compared to competitors' variables.

Keyword: bioplastic, elongation, starch insulation, tensile strength, pisang kepok.

1. PENDAHULUAN

Tingginya tingkat konsumsi plastik sintetis di era milenial ini berdampak pula pada pencemaran lingkungan, dalam hal ini tanah. Sehingga dilakukan riset-riset untuk bioplastik sebagai opsi mengatasi permasalahan tersebut. Plastik biodegradabel yang dikenal pula dengan bioplastik, merupakan plastik yang dapat digunakan layaknya plastik konvensional (sintetis) berbahan minyak bumi. Perbedaannya yakni plastik sintetis tidak terdegradasi di lingkungan, sedangkan bioplastik mudah terdegradasi oleh jamur atau mikroorganisme di alam. Sehingga bioplastik menjadi agen yang ramah lingkungan (Hartatik, dkk, 2014). Menurut Widyaningsih dan Kartika(2012), senyawa-senyawa penyusunnya berasal dari tanaman seperti pati, selulosa, dan lignin serta hewan seperti *kasein*, protein dan *lipid*.

Tabel 1. Perbedaan antara plastik konvensional (sintetis) dengan bioplastik.

	Bioplastik	Plastik Konvensional
Diperbaharui	Dapat	Sebagian
Degradasi	Biodegradabel	Degradabel oleh oksidasi polimer
Emisi gas rumah kaca	Rendah	Relatif tinggi
Konsumsi bahan bakar fosil	Rendah	Relatif tinggi

Sumber:(Reddy, dkk, 2013).

Pembuatan bioplastik berbasis pati pada dasarnya menggunakan prinsip gelatinisasi (proses koagulasi koloid). Dengan adanya penambahan sejumlah air pada suhu yang tinggi, maka granula patinya akan menyerap air dan membengkak, inilah yang disebut proses gelatinisasi. Namun demikian jumlah air yang terserap dan pembengkakannya terbatas. Pati dapat menyerap air secara maksimal jika suspensi air dipanaskan pada temperatur 55°C sampai 65°C. suhu gelatinisasi pati akan mempengaruhi perubahan

viskositas larutan pati, dimana apabila suhu pemanasan ditingkatkan akan mengakibatkan penurunan kekentalan suspensi pati (Ginting, dkk, 2014).

Bioplastik berbahan dasar pati memiliki kekuatan mekanik yang rendah sehingga diperlukan zat tambahan untuk memperbaiki hal tersebut yakni dengan *plasticizer*, dimana semakin banyak penggunaannya akan berpengaruh pada peningkatan kelarutan (Widyaningsih dan Kartika, 2012). Selain banyaknya jumlah *plasticizer*, sifat hidrofilik dari zat tersebut juga berpengaruh, dimana penggunaan gliserol akan meningkatkan kelarutan pati dibandingkan dengan sorbitol (Coniwanti, dkk, 2014).

Bahan bioplastik yang berupa bonggol dari pisang kepok kuning (*Musa balbisiana L*) sebagian kecil dimanfaatkan sebagai suatu produk pangan dan selebihnya akan dibuang begitu saja, padahal kandungan karbohidrat dalam 100 gram bonggol pisang basah sebesar 11,6 gram (Agustina, 2008), dengan catatan belum dilakukan rekayasa kadar pati melalui proses isolasi antara granula pati yang dibebani penambahan air.

Isolasi pati merupakan salah satu cara merekayasa kandungan kadar pati suatu bahan. Metode yang umum digunakan yakni secara kimia maupun manual (non-kimia). Secara kimia terdapat metode Waliszewski, dan Lii and Young. Menurut Waliszewski dalam AACC (American Association of Cereal Chemists) pengisolasian pati yakni dengan melarutkan irisan bahan dalam NaHSO_3 (natrium bisulfit) (Torre-Gutierrez, 2007; Hung, dkk, 2013; Cavalcanti, dkk, 2017) dengan konsentrasi 0,25 g/L air pada suhu perendaman awal 40°C. Kemudian air rendaman dibuang dan pisang diblender menjadi bubur lalu ditambahkan air sebanyak dua sampai empat bagian berat awal. Bubur yang dihasilkan kemudian diaduk dan diremas-remas agar proses pelepasan pati dari protein pembungkus lebih cepat lalu suspensi tersebut disaring. Ampas bubur selanjutnya dicuci hingga bening lalu diendapkan selama 6-8 jam sampai pati terpisah dari air perendam. Pati hasil endapan kemudian dicuci dengan air sampai dihasilkan pati yang berwarna putih kemudian dikeringkan dan dioven. Setelah itu dihitung kadar pati tersebut.

Sedangkan metode Lii and Young bekerja sama dengan metode Waliszewski, yang membedakan yakni konsentrasi NaHSO_3 yang dipakai sebanyak 1,22 g/L air dan adanya penambahan NaOH 0,045 M ke dalam bubur yang dihasilkan (Lii and Young, 1982). Untuk metode secara manual berprinsip kerja seperti metode Waliszewski maupun Lii

and Young, namun pada metode ini tidak ditambahkan zat kimia apapun, murni hanya perendaman antara air dengan bubur pisang (Susanti dan Sapitri, 2008).

Hasil dari isolasi pati berpengaruh terhadap beberapa faktor, yakni sumber pati berasal, ukuran butiran bahan, rasio perbandingan amilosa terhadap amilopektin, jenis dan derajat kristalinitas, panjang rantai amilosa, struktur amilopektin serta adanya kompleks amilosa-lipid (Zhang and Hamaker, 2012). Komposisi kimia pati pisang menurut penelitian Carmona(2009),yakni menghasilkan pati sebagai α -glukan dari $89,4 \pm 2,23\%$; kadar air dari $7,32 \pm 0,3\%$; kadar abu dari $0,29 \pm 0,02\%$; kadar protein dari $1,05 \pm 0,05\%$ dan kadar lemak dari $0,89 \pm 0,05\%$ dari berat basah. Sedangkan rasio antara amilopektin terhadap amilosa yakni 2,44.

Kebanyakan sayuran dan buah-buahan diiklim tropis mengalami suatu kondisi yang dinamakan reaksi pencokelatan atau enzim *browning*, tak terkecuali bonggol pisang kepok kuning. Enzim tersebut berasal dari proses oksidasi secara fenolik. Secara *visual*, kenampakan kondisi tersebut terjadi setelah bahan dikupas atau dipotong, maka kelamaan akan mengalami pencokelatan warna. Kondisi ini akan menurunkan kualitas dari bahan (Jiang and Duan, 2015). Sehingga diperlukannya *treatment* sebelum melaksanakan pengisolasian pati. Salah satunya dengan penambahan senyawa kimia natrium bisulfit atau metabisulfit (Lii and Young, 1982).

2. METODE

Bonggol pisang kepok kuning yang digunakan berasal dari daerah Klaten, dimana bahan tersebut tidak dimanfaatkan lagi oleh pemiliknya. Sebelum dipakai sebagai bahan pembuatan bioplastik, bonggol tersebut dibersihkan dan dikenakan anti-*browning*. Dimana hal tersebut bertujuan mengnonaktifkan enzim *polyphenol oxidase* (PPO) yang mengakibatkan pencokelatan pada bahan, dengan maksud memaksimalkan hasil saat dilakukan isolasi pati. Untuk lebih jelaskan, berikut ini tahapan kerja dari penelitian:

- 1). Bonggol pisang dibersihkan dari kotoran yang menempel. Setelah itu, dicacah dengan pisau. Kemudian direndam dalam air selama 30 menit serta ditambahkan natrium metabisulfit sebanyak 0,2% (gram/liter) air, sebagai pencegah enzim *browning*. Lalu cacahan bonggol pisang dikeringkan dibawah sinar matahari. Kemudian dihaluskan

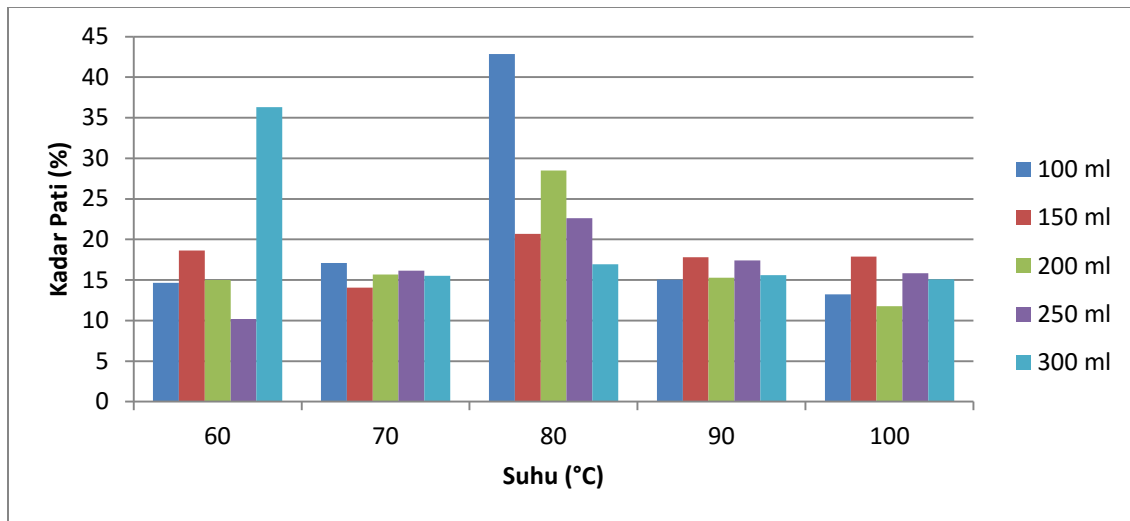
menyerupai tepung dan diayak diantara ukuran 60 dan 80 mesh. 2). Tepung sebanyak 50 gram dilarutkan dengan air dengan variasi (100; 150; 200; 250; dan 300) ml. Kemudian direndam dan didiamkan selama 24 jam sampai terbentuk suspensi. Lalu disaring antara pati dengan airnya dan dikeringkan di bawah sinar matahari. Setelah itu dikeringkan dalam oven selama 60 menit pada suhu (60; 70; 80; 90; dan 100)⁰C. Setelah itu ditumbuk dan diayak dengan ayakan diantara 60 dan 80 mesh.

Analisis untuk menentukan kadar pati hasil isolasi tersebut dengan metode hidrolisis pati, dikarenakan sistematis kerja yang sederhana dan bahan yang umumnya mudah didapatkan dalam skala laboratorium. Urutan kerja hidrolisis pati yakni sebagai berikut:

- 1). Pati sebanyak 5 gram dilarutkan dengan HCl 2,5N dalam 250 ml. Kemudian larutan tersebut dimasukkan ke dalam labu leher tiga dan dirangkai dengan kondensor. Lalu, operasi dikondisikan pada suhu 70⁰C sampai 80⁰C selama 2 jam. Setelah 2 jam, diamkan larutan tersebut hingga agak dingin dan dipisahkan antara *solute* dan *solven* dengan kertas saring. Kemudian *solven* tersebut diambil 20 ml dan dinetralkan pH-nya.
- 2). Hasil dari larutan yang telah netral tersebut dimasukkan ke dalam labu ukur 100 ml dan ditambahkan aquades sampai garis batas kemudian dimasukkan ke dalam buret. 3). Dibuat larutan campuran antara fehling A dan fehling B masing-masing sebanyak 5 ml yang dimasukkan ke dalam erlenmeyer dan dipanaskan hingga mendidih. Setelah itu, ditambahkan 2 tetes indikator metilen blue pada larutan tersebut dan dititrasi dengan larutan sampel yang berada diburet hingga terdapat endapan merah bata serta dicatat volume pada buret. Sedangkan untuk *solute* dioven selama 1 jam untuk dicatat beratnya. Setelah dilakukan analisis kadar pati proses dilanjutkan pada pembuatan bioplastik.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Teknik isolasi pati merupakan cara memodifikasi banyaknya kadar pati yang terdapat pada suatu bahan. Penggunaan metode isolasi pati merujuk kepada metode yang dilakukan oleh Waliszewski, yakni dengan penambahan zat kimia. Untuk menjadi ciri tersendiri, penelitian ini memakai bahan aditif berupa natrium metabisulfite ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$) sebanyak 0,2% (gram/liter). Analisis penentuan kadar pati dikerjakan dengan metode hidrolisis pati dengan hasil seperti pada gambar 1, sebagai berikut:



Gambar 1. Hubungan komposisi pati dan air terhadap suhu pengovenan.

Hasil tersebut berupa nilai kadar pati yang didapatkan dari memvariasikan komposisi bahan sebanyak 50 gram dengan air (100; 150; 200; 250 dan 300)ml yang ditambahkan serta suhu bahan berada di oven. Hasil tersebut menyatakan bahwa variabel yang diperkenalkan berpengaruh terhadap kadar pati, yakni peningkatan suhu berbanding terbalik terhadap kadar pati sedangkan peningkatan volume air akan searah. Kondisi optimum yang tercapai dari penelitian ini yang akan dijadikan sebagai bahan pembuat bioplastik, yakni pati dengan kadar 42,86% (100ml; 80°C) dan 36,29% (300ml; 60°C). Penetapan dua sampel ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh dari kadar pati terhadap sifat mekanik dari bioplastik yang dihasilkan.

Selain penentuan kadar pati, terdapat analisis untuk mengetahui kadar air serta kadar abu dari sampel tersebut dengan rumus berikut:

$$kadar\ air = \frac{cawan\ residu - cawan\ oven}{residu\ setelah\ oven} \times 100\% \quad (1)$$

dan,

$$kadar\ abu = \frac{berat\ abu}{berat\ sampel} \times 100\% \quad (2)$$

Hasil yang didapatkan yakni kadar air sebanyak 14,18% dan kadar abu sebanyak 0,97%.

Dari kedua sampel tersebut (pati berkadar 42,86% dan 36,29%) dilakukan pembuatan bioplastik dengan memvariasikan campuran sebagai berikut:

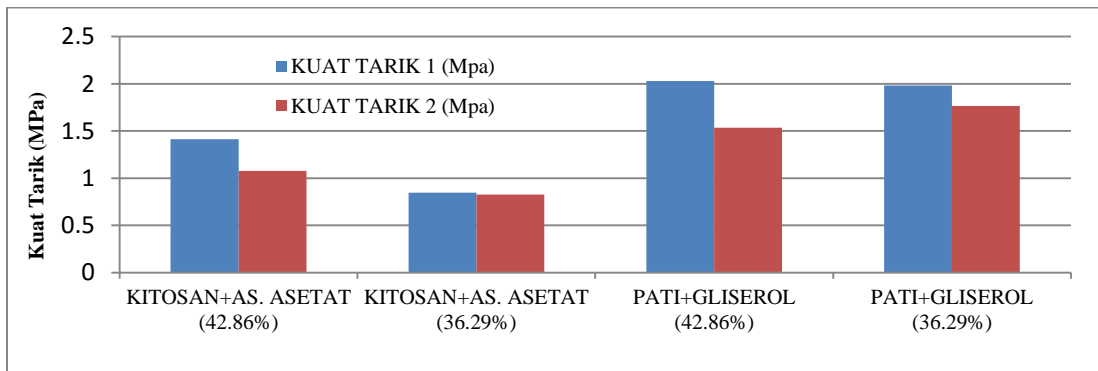
a) Pati A (42,86%)

- Variasi A: Asam asetat (1; 2; 3; 4; dan 5) ml dan kitosan (1; 1,5; 2; 2,5; dan 3) gram.
- Variasi B: Gliserol (2; 3; 4; 5; dan 6) ml dan pati (5; 6; 7; 8; dan 9) gram.

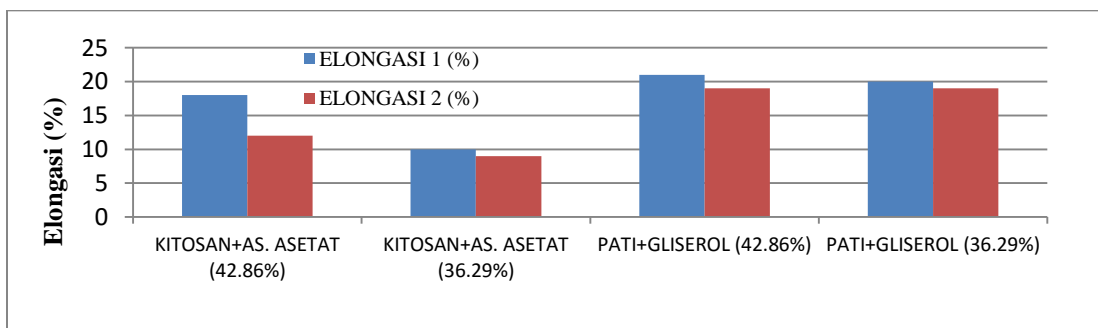
b) Pati B (36,29%)

- Variasi A: Asam asetat (1; 2; 3; 4; dan 5) ml dan kitosan (1; 1,5; 2; 2,5; dan 3) gram.
- Variasi B: Gliserol (2; 3; 4; 5; dan 6) ml dan pati (5; 6; 7; 8; dan 9) gram.

Dari pembuatan bioplastik dengan variasi tersebut, kemudian dilakukan pengujian terhadap sifat mekanik (kuat tarik dan elongasi) dan didapatkan hasil sebagai berikut:



Gambar 2. Hubungan kadar pati dengan variasi A dan B terhadap kuat tarik bioplastik.



Gambar 3. Hubungan kadar pati dengan variasi A dan B terhadap elongasi bioplastik.

Data tersebut diambil atas dasar nilai optimum dari hasil masing-masing bioplastik dengan variabel yang telah ditentukan. Interpretasinya yakni pada pati A dengan variasi A menghasilkan kuat tarik dan elongasi serta pengulangan sebesar 1,4 Mpa:1,1 Mpa;

18%: 12%. Untuk pati A dengan variasi B menghasilkan kuat tarik dan elongasi serta pengulangan sebesar 2,03 Mpa:1,5 Mpa; 21%: 19%. Sedangkan pati B dengan variasi A menghasilkan kuat tarik dan elongasi serta pengulangan sebesar 0,85 Mpa:0,83 Mpa; 10%: 9%. Untuk pati B dengan variasi B menghasilkan kuat tarik dan elongasi serta pengulangan sebesar 1,98 Mpa:1,76 Mpa; 20%: 19%. Hasil tersebut menyatakan sifat mekanik bioplastik baik berupa kuat tarik maupun elongasi memiliki keterkaitan dengan variabel yang dikenakan, bilamana sifat mekanik dari variasi pati dan gliserol lebih tinggi nilainya dibandingkan dengan variasi kitosan dan asam asetat. Kadar pati juga ikut berpengaruh terhadap tingginya hasil sifat mekanik bioplastik ketika kadar patinya lebih besar, yakni pati A dengan variasi B memiliki kuat tarik sebesar 2,03 Mpa dengan elongasi sebesar 21% lebih banyak dibandingkan pati sejenis dengan variasi A yang hanya mencapai nilai 1,4 Mpa untuk kuat tariknya dan 18% untuk elongasi. Hal ini dikarenakan pati yang memiliki kadar optimum telah melalui proses dimana suhu gelatinisasi yang optimum pula. Suhu gelatinisasi tersebut akan berdampak pada perubahan viskositas dari bahan uji serta penambahan *plasticizer* berupa gliserol yang bersifat hidrofilik yang mana akan mengakibatkan penambahan sifat polar dari bahan uji, sehingga meningkatkan fleksibilitas bahan.

4. PENUTUP

Dari penelitian yang telah dilakukan, didapatkan kesimpulan bahwa kadar pati dari bahan pembuatan bioplastik akan berpengaruh terhadap sifat mekanik bioplastik. Selain itu, penambahan gliserol serta komposisi pati yang dipakai dalam penelitian cenderung besar pengaruhnya terhadap sifat mekanik bioplastik bila dibandingkan dengan penambahan kitosan dan komposisi asam asetat yang dipakai.

DAFTAR PUSTAKA

- Agustina, L. (2008). Pemanfaatan Bonggol Pisang Kepok sebagai Bahan Baku Pembuatan Cuka.
- Anggraini, D., Lukman, A., & Junita, S. (2013). Isolasi dan Uji Sifat Fisikokimia Pati Pisang Kepok. *Jurnal Ipteks Terapan*, 7: 3-6.
- Carmona-Garcia, *et al.* (2009). Effect of the Cross-linked Reagent Type of some Morphological Physicochemical and Functional Characteristics of Banana Starch (*Musa paradisiaca*). *Carbohydrate Polymers*, 79, 117-122.
- Cavalcanti, Monica, *et al.* (2017). Characterization and Study of Functional Properties of Banana Starch Green Variety of Mysore (*Musa AAB* -Mysore). *Food Science and Technology*, 37: 224-231.
- Coniwanti, P., Laila, L., & Alfira, M. R. (2014). Pembuatan Film Plastik Biodegradabel dari Pemplastis Gliserol, 20(4), 22–30.
- Ginting, M. H. S., Utara, U. S., Sinaga, R. F., Utara, U. S., Hasibuan, R., Utara, U. S. (2014). Pengaruh Variasi Temperatur Gelatinisasi Pati terhadap Sifat Kekuatan Tarik dan Pemanjangan pada Saat Putus Bioplastik Pati Umbi Talas, (November), 1–3.
- Hartatik, Yunita, D., Nuriyah, L., & Iswarin. (2014). Pengaruh Komposisi Kitosan terhadap Sifat Mekanik dan Biodegradable Bioplastik, 3–6.
- Hung, P.V., Cham, N.T.M., and Truc, P.T.T. (2013). Characterization of Vietnamese Banana Starch and Its Resistant Starch Improvement. *International Food Research Journal*, 20: 205-211.
- Jiang, Y., Duan, X., Qu, H., & S. Z. (2015). Browning : Enzymatic Browning. *Encyclopedia of Food and Health*, 1: 508-514.
- Lii and Young. (1982). Investigation of the Physical and Chemical Properties of Banana Starches. Vol 47. September, 1493-1497.
- Reddy, R. L., Reddy, V. S., & Gupta, G. A. (2013). Study of Bio-plastics As Green & Sustainable Alternative to Plastics, 3(5), 82–89.
- Susanti, L., dan Sapitri, R.I. (2008). Penggunaan Pati Pisang Sebagai Bahan Penghancur pada Pembuatan Tablet Antalgin. *Jurnal Kimia dan Teknologi*, Surakarta.
- Torre-Gutierrez, *et al.* (2007). Isolation and Structure Investigations of Square Banana (*Musa balbisiana*) Starch. *Stärke*, 59: 326-333.
- Widyaningsih, S., Kartika, D., & Y. T. N. (2012). Pengaruh Penambahan Sorbitol dan Kalsium Karbonat terhadap Karakteristik dan Sifat Biodegradasi Film dari Pati Kulit Pisang. *Molekul*, 7, 69–81.
- Zhang, Pingyi, and Hamaker, Bruce R. (2012). Banana Starch Structure and Digestibility. *Carbohydrate Polymers*, 87: 1552-1558.